

"Made available under NASA sponsorship
in the interest of early and wide dis-
semination of Earth Resources Survey
Program information and without liability
for any use made thereon."

8.0-10258

CR-163365

(E80-10258) EVALUATING THE REFORESTED AREA
FOR THE MUNICIPALITY OF BURI BY AUTOMATIC
ANALYSIS OF LANDSAT IMAGERY (Instituto de
Pesquisas Espaciais, Sao Jose) 24 p
HC A02/MF A01

N80-30841

Unclass
CSCL 02F G3/43 00258

RECEIVED BY
NASA STI FACILITY
DATE: 6-25-80
DCAF NO. 002949
PROCESSED BY
 NASA STI FACILITY
 ESA - SDS AIAA



CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Classificação: INPE-COM.4/RPE CDU.: 634.0.231(816.1)	2. Período	4. Distribuição
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) ÁREAS REFLORESTADAS ANÁLISE AUTOMÁTICA SENSORIAMENTO REMOTO		interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº INPE-1635-RPE/094	6. Data Dezembro de 1979	7. Revisado por Vitor C. de Carvalho
8. Título e Sub-Título <i>AVALIAÇÃO DE ÁREAS REFLORESTADAS DO MUNICÍPIO DE BURI, ATRAVÉS DE ANÁLISE AUTOMÁTICA DE IMAGENS DO LANDSAT</i>		9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor
10. Setor DSR/GAF	Código 30.313	11. Nº de cópias 14
12. Autoria David Chung Liang Lee Pedro Hernandez Filho Yosio Edemir Shimabukuro		14. Nº de páginas 23
13. Assinatura Responsável <i>David Chung Liang Lee</i>		15. Preço
16. Sumário/Notas Este trabalho teve como objetivo definir as classes de povoados florestais artificiais (<u>Pinus</u> , <u>Eucalyptus</u> e <u>Araucária</u>), através da análise automática de imagens MSS do LANDSAT, utilizando o Sistema Interativo de Análise de Imagem Multispectral (I-100). As áreas das classes, obtidas pelo I-100, foram comparadas com os dados fornecidos pelo Instituto Florestal de São Paulo (1979), e apresentaram as menores diferenças relativas para as classes de: <u>Pinus</u> (- 7,51%) e <u>Araucária</u> (+ 4,34%). Os resultados obtidos mostram a potencialidade das imagens LANDSAT, na identificação de áreas reflorestadas a nível de gênero.		
17. Observações	All data may be reproduced in full US Data Center Sioux City, SD 57128	

ÍNDICE

ABSTRACT	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	1
3. MATERIAL E MÉTODOS	3
3.1 - ÁREA DE ESTUDO	3
3.2 - CARACTERÍSTICAS FLORESTAIS DA ÁREA DE ESTUDO	6
3.3 - DADOS DO LANDSAT	6
3.4 - MAPAS	6
3.5 - METODOLOGIA	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
5. CONCLUSÕES	16
BIBLIOGRAFIA	17

ABSTRACT

The objective of this study is to define the class of reforestation (Pinus, Eucalyptus and Araucária) using interactive image analyzer I-100 and LANDSAT MSS data. The estimates of class area by I-100 were compared to the data provided by the Institute of Forestry of São Paulo (1979). The small relative differences are for Araucária (+ 4,24%) and Pinus (- 7,51%). The results show the potentiality of using LANDSAT data to identify reforested area at the generic level.

LISTA DE FIGURAS

1 - Localização da área de estudo - Município de Buri	4
2 - Localização da área de estudo na imagem do Satélite LANDSAT	5
3 - Mapa das áreas reflorestadas, realizado através de fotografias aéreas -(Instituto Florestal de São Paulo)	7
4 - Classificação de <u>Pinus</u> através do Siste- ma I-100	11
5 - Classificação de <u>Araucária</u> através do Sistema I-100	12
6 - Classificação de <u>Eucalyptus</u> através do Sistema I-100	13

LISTA DE TABELAS

1 - Município de Buri - Área reflorestada com <u>Eucalyptus</u> , <u>Pinus</u> e suas porcentagens de ocorrência em relação à superfície do município	6
2 - Características espectrais da classe <u>Pinus</u>	9
3 - Características espectrais da classe <u>Araucária</u>	10
4 - Características espectrais da classe <u>Eucalyptus</u>	10
5 - Média das respostas espectrais nos 4 canais das classes <u>Pinus</u> , <u>Araucária</u> e <u>Eucalyptus</u>	14
6 - Cálculo da área total ocupada pelas classes florestais, no município de Buri, obtida através do I-100	15
7 - Comparação entre as áreas obtidas através de dados orbitais e áreas obtidas através de fotografias aéreas	15

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a atividade de reflorestamento tomou um grande impulso, com a promulgação da lei dos incentivos fiscais. Assim sendo, foi observado um incremento considerável de áreas reflorestadas, principalmente, nas regiões sul e sudeste do país, onde estão concentradas as siderúrgicas e as fábricas de laminados, papel e celulose.

Alguns pesquisadores têm se preocupado com o crescente desenvolvimento dessa atividade, procurando estabelecer metodologias de avaliação de áreas reflorestadas, não só a nível de solo, como também aéreo e orbital.

A nível orbital, o satélite LANDSAT posiciona-se como instrumental útil no levantamento dos recursos florestais devido à sua característica de fornecer dados multiespectrais e repetitivos a cada 18 dias.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar automaticamente, através do Sistema Interativo de Análise de Imagem Multiespectral (I-100), as áreas reflorestadas com os gêneros Pinus, Eucalyptus e Araucária, utilizando dados do LANDSAT.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Lopez-Cuervo (1973), um dos campos da ciéncia da Terra que tem sido mais afetado na sua metodologia, desde o aparecimento das técnicas de fotointerpretação, tem sido, sem dúvida, a silvicultura, considerada num amplo conceito.

Ainda, conforme Lopez-Cuervo (1973), a fotografia aérea, como um suporte para informações sobre áreas florestais, tem aberto novas linhas para a Dasometria. Muitos países têm feito seus inventários florestais com sua ajuda. Entretanto, hoje, inventários dinâmicos são requeridos de modo que as suas atualizações ocorram quase que paralelamente.

te à evolução das massas florestais.

Para Kalensky e Scherk (1975), a repetitividade e a contínuidade de cobertura do LANDSAT permitem o monitoramento de florestas em áreas remotas, onde o sensoriamento remoto por avião é muito caro, e os mapas florestais não existem ou estão desatualizados.

Titus et al. (1975) usaram um sistema de estimativa por amostragem, para inventário de recursos madeireiros, baseado num esquema de cinco estágios de amostragem, combinando três fontes de informação: dados do MSS do LANDSAT, dados de fotografia de grande escala e medidas de campo. Os dados do MSS do LANDSAT foram usados na estratificação da floresta em 4 classes. Eles observaram que, em termos de custo, esse sistema leva vantagem de 63% sobre o sistema que não utiliza os dados do LANDSAT.

De acordo com Goodenough e Shlien (1974) existem três passos no desenvolvimento de métodos de classificação automática. Primeiro, deve-se decidir quais as classes de cobertura do solo a serem individualmente distinguidas. Segundo, deve-se selecionar características próprias para se discriminar as diferentes classes. Terceiro, deve-se estabelecer um método de decisão para definir a que classe o elemento analisado pertence.

Ainda, no trabalho de Goodenough e Shlien (1974), a seleção de características foi restrita às quatro bandas espectrais do MSS do LANDSAT. O melhor canal foi selecionado pelo cômputo da divergência para pares de classes, e escolheu-se aquele que maximizou essa medida. Aplicou-se a regra de decisão de máxima probabilidade para duas suposições: 1) as distribuições das intensidades espectrais são gaussianas para cada classe; 2) as intensidades espectrais são distribuídas uniformemente dentro de um paralelepípedo.

Ainda, de acordo com Goodenough e Shlien (1974), onde a superposição de classes no espaço espectral era pequena, o método do pa-

ralelepípedo foi tão preciso quanto o método gaussiano, que requer maior tempo de computador.

Conforme Kirvida e Johnson (1973), é possível o uso de um processo automático de classificação, baseado nas características espaciais e multiespectrais, para separar as seguintes classes: floresta de coníferas, floresta de folhosas, áreas sem vegetação, água e cidade.

Lopez-Cuervo (1973), utilizando ampliações de 1:200.000 e 1:100.000 das imagens do LANDSAT, conseguiu uma perfeita diferenciação de tons, entre os estratos constituídos dos gêneros Pinus e Eucalyptus.

Hernandez Filho e Shimabukuro (1978), fazendo um estudo na região da DIRA (Divisão Regional Agrícola) de Ribeirão Preto, S.P., conseguiram, através de interpretação visual e automática dos dados do MSS do LANDSAT, a diferenciação entre as áreas reflorestadas com o gênero Pinus e com o gênero Eucalyptus.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - ÁREA DE ESTUDO

Para o desenvolvimento desse trabalho foi escolhida a área do Município de Buri, localizada na Divisão Regional Agrícola de Sorocaba, sul do Estado de São Paulo, conforme apresentado nas Figuras 1 e 2.

A escolha dessa área foi motivada pelo fato dela estar localizada na região de maior ocorrência de reflorestamento no Estado de São Paulo, conforme os dados apresentados pelo Instituto Florestal de São Paulo (1975). Além disso, de acordo com o Instituto Florestal de São Paulo (1979), o município de Buri apresenta diversidade de características de áreas reflorestadas, permitindo uma melhor definição da metodologia de avaliação dos povoamentos florestais artificiais.

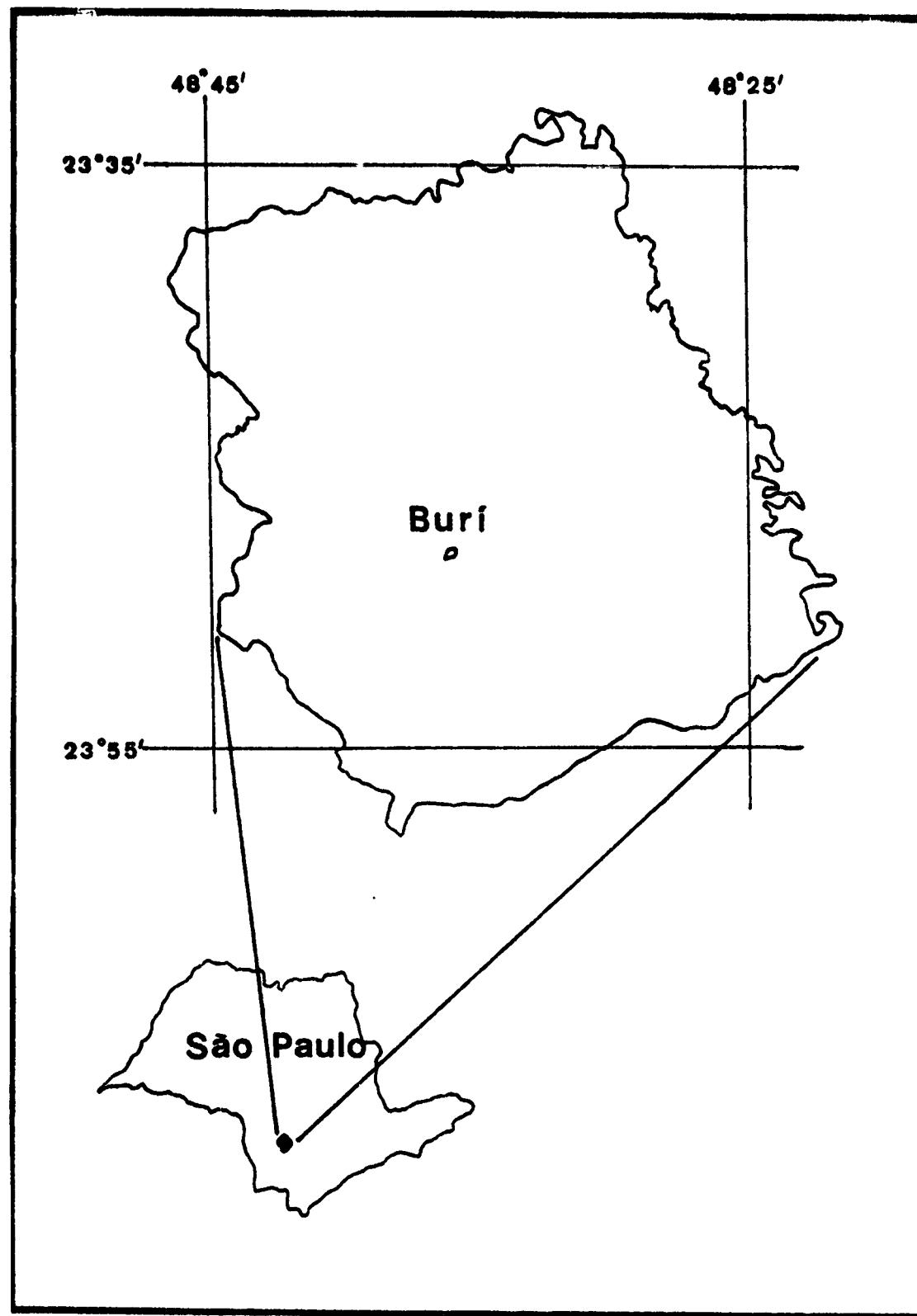


Fig. 1 - Localização da área de estudo - Município de Burí.

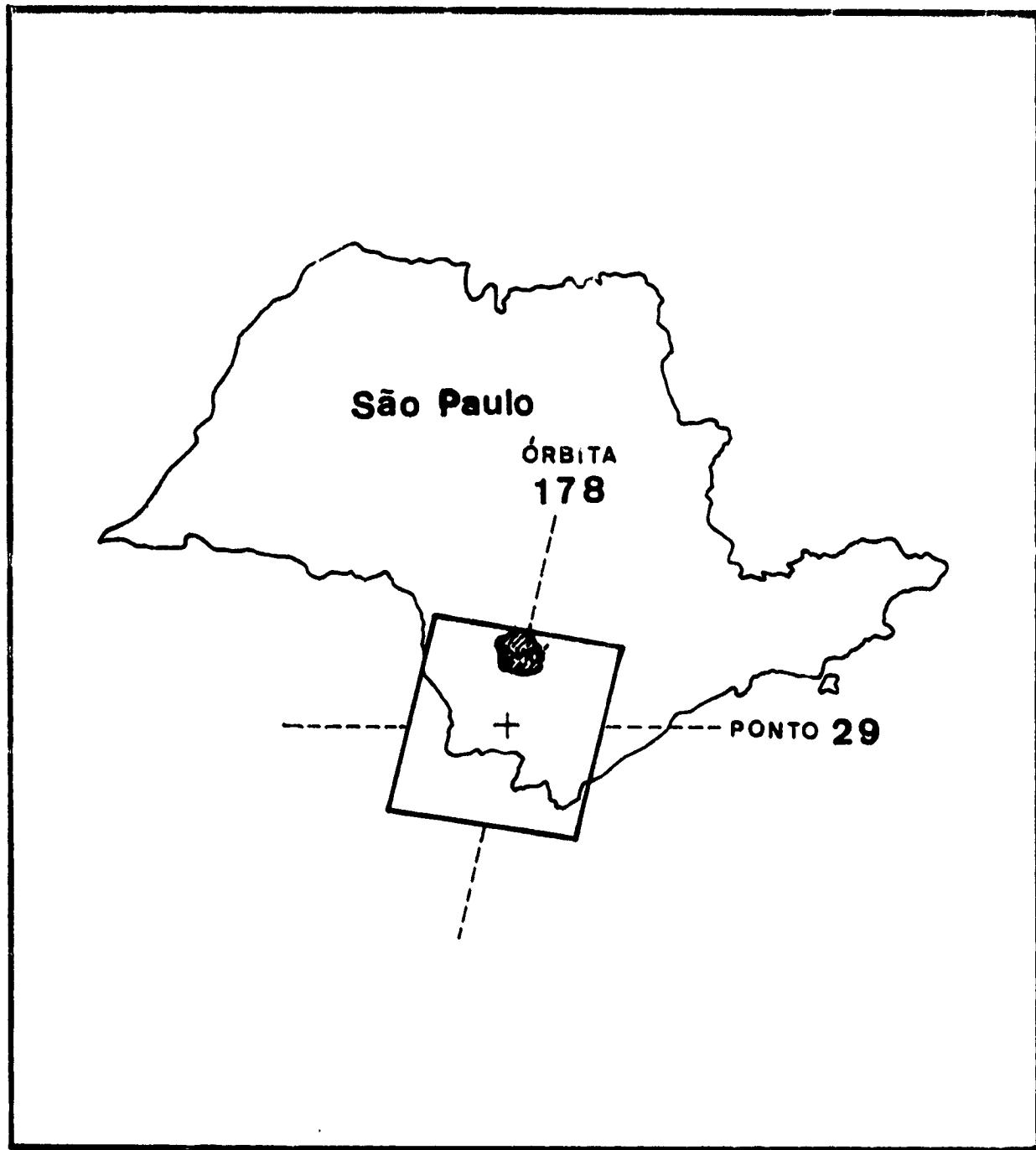


Fig. 2 - Localização da área de estudo na imagem do satélite LANDSAT

3.2 - CARACTERÍSTICAS FLORESTAIS DA ÁREA DE ESTUDO

No trabalho do Instituto Florestal de São Paulo (1979), são apresentadas a Tabela 1 e a Figura 3, que mostram, respectivamente, a área ocupada com reflorestamentos e a distribuição espacial dos mesmos, no município de Buri.

TABELA 1

MUNICÍPIO DE BURI - ÁREA REFLORESTADA COM EUCALYPTUS, PINUS E SUAS PORCENTAGENS DE OCORRÊNCIA EM RELAÇÃO À SUPERFÍCIE DO MUNICÍPIO

MUNICÍPIO	SUPERFÍCIE	EUCALYPTUS		PINUS		REFLORESTAMENTO	
		ha	ha	%	ha	%	ha
BURI	121.300,00	5.019,00	4,14	12.996,00	10,71	18.015,00	14,35

Além das áreas ocupadas com Pinus e Eucalyptus, mostradas na Tabela 1, o município apresenta ainda, 742,49 ha com plantio de Araucária que pertence à Floresta Nacional de Capão Bonito do IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal).

3.3 - DADOS DO LANDSAT

Neste trabalho, foram utilizados dados do MSS do LANDSAT, correspondentes ao ponto 29 da órbita 178, da passagem de 9 de novembro de 1976, apresentados nas formas de imagem fotográfica (preto e branco), na escala de 1:250.000, e fitas CCT.

3.4 - MAPAS

Foram utilizados:

- mapa do IBGE, na escala de 1:250.000, correspondente à folha to

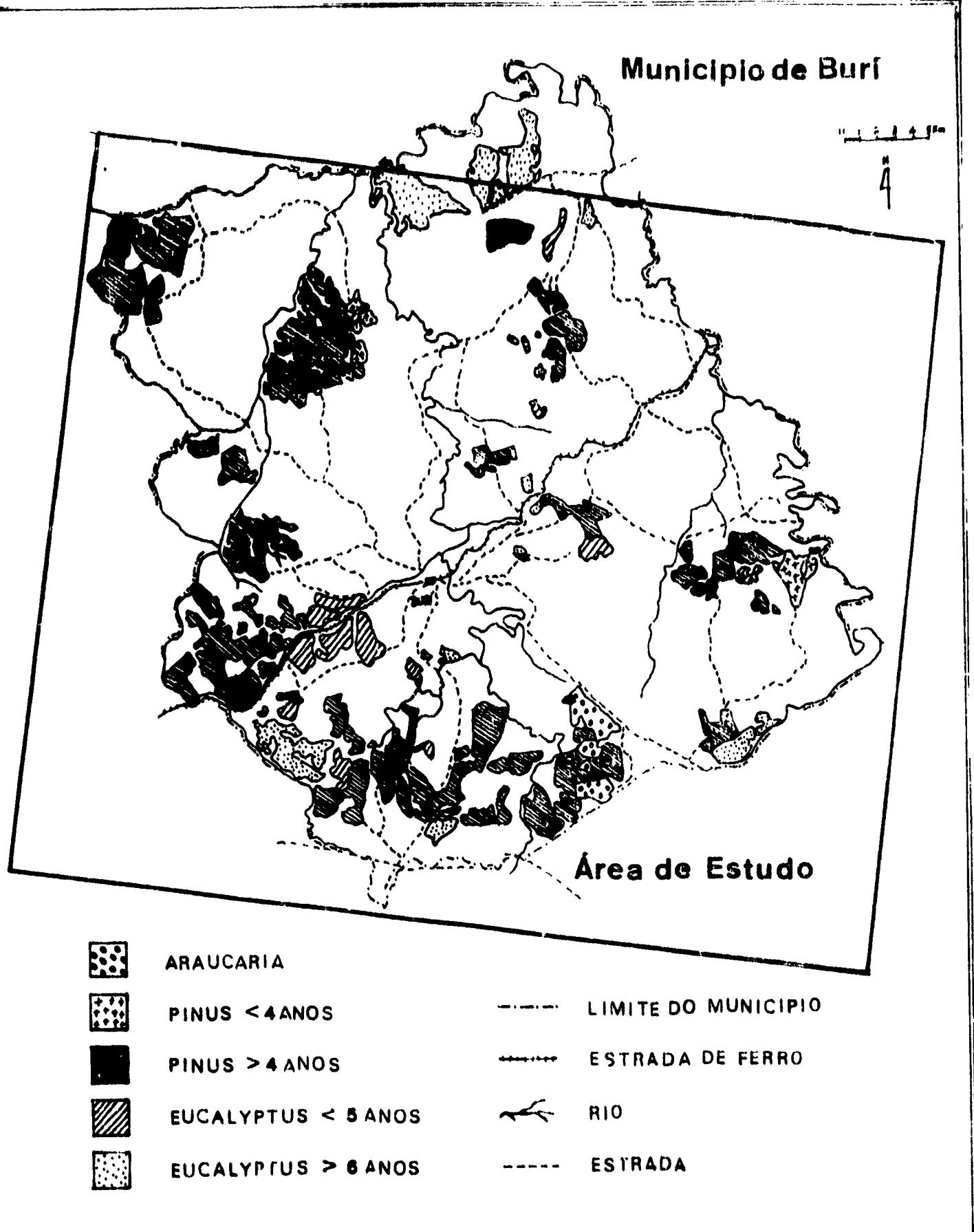


Fig. 3 - Mapa das áreas reflorestadas, realizado através de fotografias aéreas - (Instituto Florestal de São Paulo).

pográfica de Itapetininga, publicado em 1975.

- mapa de áreas reflorestadas do município de Buri, feito pelo Instituto Florestal de São Paulo (1979), utilizando fotografias áreas na escala de 1:45.000, obtidas no período de 1976/77.

3.5 - METODOLOGIA

O trabalho constou, basicamente, de três fases: coleta de informações, análise automática e avaliação do resultado.

A fase de coleta de informações consistiu de uma revisão bibliográfica sobre trabalhos de sensoriamento remoto aplicados a recursos florestais, coleta de informações a respeito da área de estudo, bem como, a localização da área de estudo, na imagem fotográfica do LANDSAT, com o auxílio da carta da Fundação IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) na escala de 1:250.000.

A fase de análise automática foi desenvolvida utilizando o Sistema I-100, e dividida em várias etapas:

- 1) escolha da escala de trabalho no vídeo, feita utilizando-se o programa Coordenadas ("SCALED CURSOR"), de modo que a área de estudo estivesse inteira no vídeo. Essa escala foi de aproximadamente 1:200.000;
- 2) delimitação da área de estudo no vídeo do Sistema I-100, feita através do programa "TRAÇO", transferindo o limite da área de estudo, feito inicialmente na imagem fotográfica na escala de 1:250.000, para o vídeo do I-100;
- 3) classificação dos temas de interesse, feita através do programa Aquisição de Assinaturas de Célula-única ("I-CELL SIGACQ"), e o refinamento da classificação feito através do programa modificação dos limites do Histograma ("I-DIM HGM DISPLAY").

- 4) cálculo de área dos temas classificados, feito através do programa Área ("THEME AREAS");
- 5) obtenção de fotografias preto-e-branco dos temas classificados, feita através do DICOMED.

A fase de avaliação do resultado consistiu na comparação dos resultados obtidos pelo Sistema I-100, utilizando dados do satélite, e os resultados conseguidos pelo Instituto Florestal de São Paulo através de fotografias aéreas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, procurou-se fazer a caracterização dos povoamentos florestais apenas a nível de gênero, embora na área de estudo existam várias subclasses com relação a idade dos povoamentos, conforme apresentado pelo Instituto Florestal de São Paulo (1979).

As Tabelas 2, 3 e 4, apresentam as características especiais das classes Pinus, Araucária e Eucalyptus, respectivamente.

TABELA 2

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE PINUS

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR		
4	8	14	11,41	1,17
5	8	12	9,76	1,35
6	28	40	35,25	8,47
7	33	44	39,56	8,85

TABELA 3

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE ARAUCÁRIA

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR		
4	8	13	10,73	1,40
5	8	12	9,23	0,67
6	23	32	25,88	4,16
7	24	30	27,73	2,50

TABELA 4

CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS DA CLASSE EUCALYPTUS

CANAL	LIMITE DA RESPOSTA RELATIVA		MÉDIA	VARIÂNCIA
	INFERIOR	SUPERIOR		
4	10	13	12,05	0,88
5	9	11	10,12	0,55
6	38	47	42,79	7,37
7	45	58	48,13	9,49

Com os resultados apresentados nas tabelas anteriores, foram obtidas as classificações de Pinus, Araucária e Eucalyptus, conforme mostram as Figuras 4, 5 e 6, respectivamente.

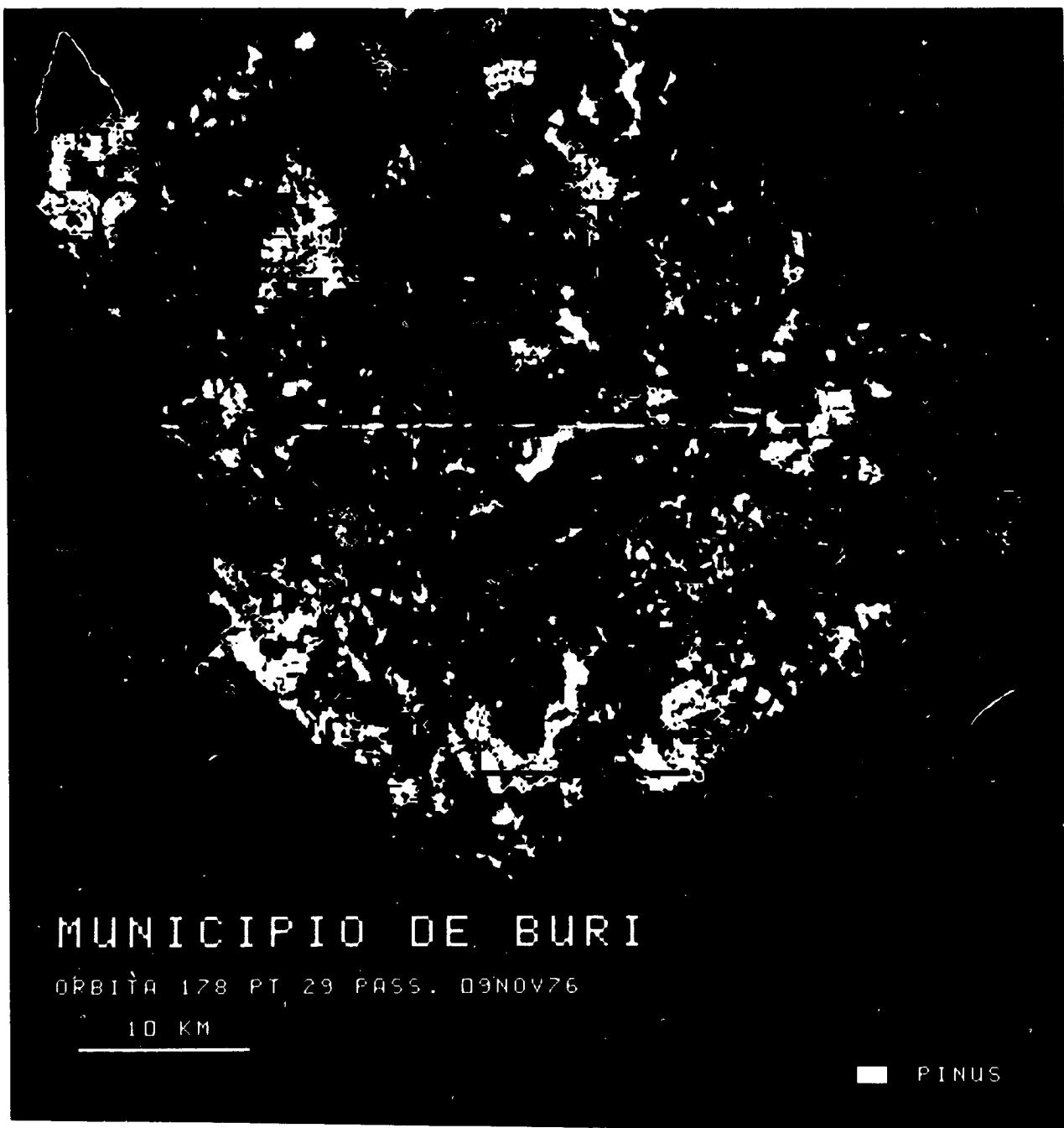


Fig. 4 - Classificação de Pinus através do Sistema I-100.

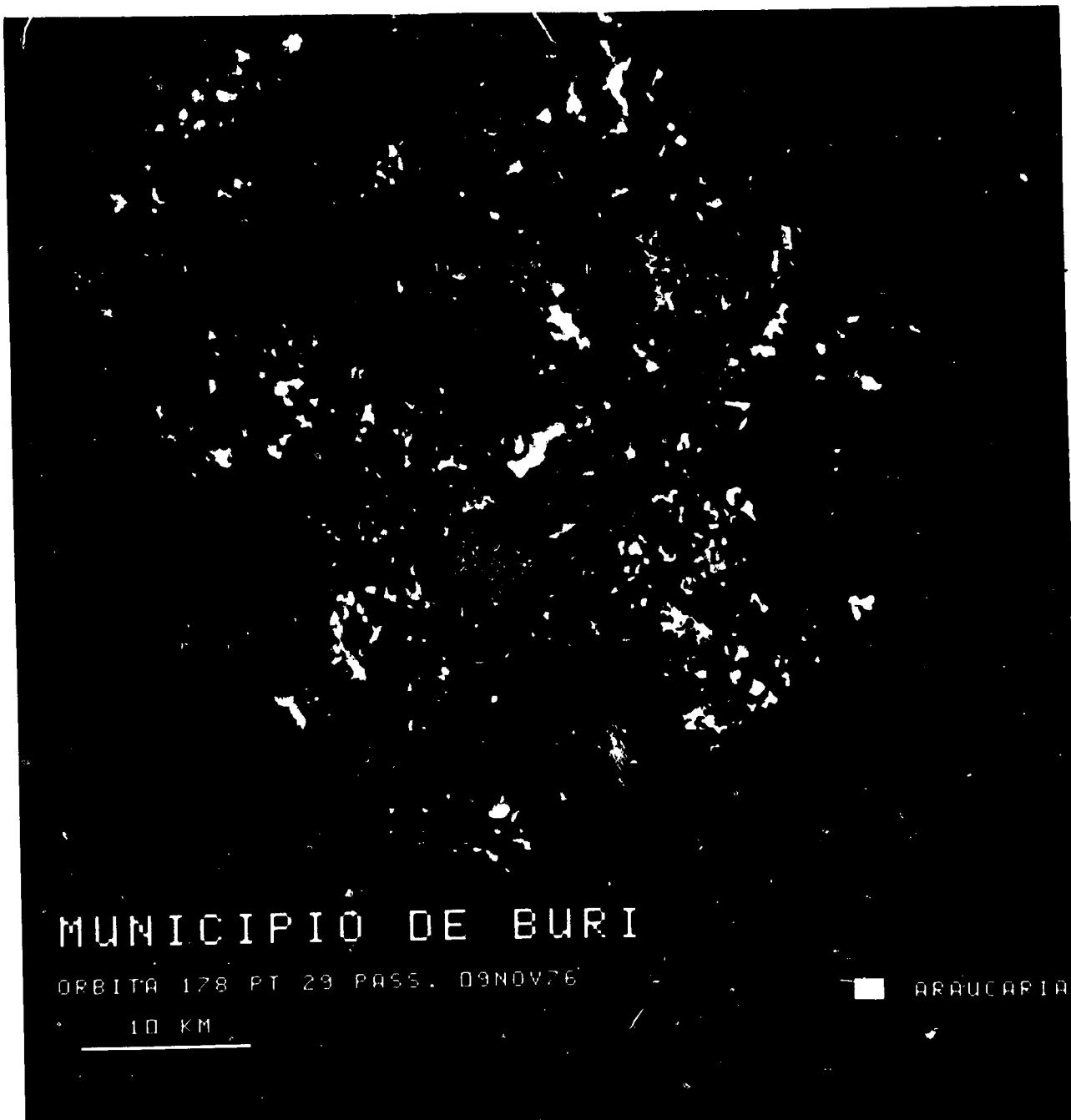


Fig. 5 - Classificação de Araucária através do Sistema I-100.



Fig. 6 - Classificação de Eucalyptus através do Sistema I-100.

A Tabela 5 apresenta a média das respostas espetrais nos 4 canais do LANDSAT, das classes Eucalyptus, Pinus e Araucária.

TABELA 5

MÉDIA DAS RESPOSTAS ESPECTRAIS NOS 4 CANAIS DAS CLASSES PINUS,
ARAUCÁRIA E EUCALYPTUS

CLASSE CANAL	PINUS	ARAUCÁRIA	EUCALYPTUS
4	11,41	10,73	12,05
5	9,76	9,23	10,12
6	35,25	25,88	42,79
7	39,56	27,73	48,93

Pelos valores apresentados na Tabela 5, pode-se verificar que nos canais 4 e 5, as respostas espetrais para as três classes são muito semelhantes, sendo difícil a diferenciação entre elas. Estes canais serviram apenas para a diferenciação dessas classes dos outros álvos existentes na área. Nos canais 6 e 7, as respostas espetrais são distintas para as três classes. Esta tabela mostra que, nesses canais, o Eucalyptus reflete mais que o Pinus, e que este reflete mais que a Araucária.

A Tabela 6 mostra o resultado de área ocupada pelas classes florestais na área de estudo.

De acordo com o resultado apresentado na Tabela 6, o Pinus ocupa a maior área do município, vindo a seguir o Eucalyptus, e por último a Araucária, com apenas 0,60% da área.

TABELA 6

CÁLCULO DA ÁREA TOTAL OCUPADA PELAS CLASSES FLORESTAIS, NO MUNICÍPIO DE BURI, OBTIDA ATRAVÉS DO I-100

CLASSE	ÁREA (Km ²)	%
PINUS	120,20	10,20
ARAUCÁRIA	7,74	0,66
EUCALYPTUS	28,32	2,40
MUNICÍPIO DE BURI	1.178,00	100,00

A Tabela 7 mostra o resultado da comparação entre as áreas obtidas através de dados multiespectrais do LANDSAT pelo I-100, com os dados apresentados pelo Instituto Florestal de São Paulo, obtidos através de fotografias aéreas.

TABELA 7

COMPARAÇÃO ENTRE AS ÁREAS OBTIDAS ATRAVÉS DE DADOS ORBITAIS E ÁREAS OBTIDAS ATRAVÉS DE FOTOGRAFIAS AÉREAS

CLASSE	ÁREA (KM ²)		DIFERENÇA RELATIVA (%)
	I-100	Instituto Florestal	
PINUS	120,0000	129,9600	-7,51
ARAUCÁRIA	7,7400	7,4249	+4,24
EUCALYPTUS	28,3200	41,6900	-32,07

Como pode ser visto na Tabela 7, a maior diferença relativa é apresentada para a classe Eucalyptus, e isto se explica pelo fato dessa classe apresentar-se, no campo, com características desuniformes, com falhamento, provocado pela existência de plantios com rotações diferentes, possibilitando que a resposta espectral dessa classe se mostre bem heterogênea.

A menor diferença relativa foi apresentada pela classe Araucária, devido essa classe se apresentar bem distinta dos outros alvos na área de estudo principalmente no canal 7 do LANDSAT.

5. CONCLUSÕES

Os canais 4 e 5 do LANDSAT serviram para a diferenciação das classes Pinus, Araucária e Eucalyptus dos outros alvos, na área de estudo.

Os canais 6 e 7 do LANDSAT mostraram os melhores resultados na diferenciação entre as classes Pinus, Araucária e Eucalyptus.

A Araucária apresenta uma resposta espectral bem típica nos canais 6 e 7 do LANDSAT.

A Araucária apresentou a menor diferença relativa (+ 4,24%) na comparação entre os resultados do I-100 e os do Instituto Florestal de São Paulo, seguida pelo Pinus (- 7,51%) e por último o Eucalyptus (- 32,07%).

BIBLIOGRAFIA

GOODENOUGH, D. and SHLIEN, S. *Automatic Classification Methodology*. Ottawa, Canada. Centre for Remote Sensing, Department of Energy, Mines and Resources, 1974.

HERNANDEZ FILHO, P. e SHIMABUKURO, Y.E. *Estabelecimento de metodologia para Avaliação de Povoamentos Florestais Artificiais, Utilizando-se Dados do LANDSAT*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, INPE, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Carta do Brasil, Folha de Itapetininga*, Escala 1:250.000, 1975.

INSTITUTO FLORESTAL DE SÃO PAULO. *Zoneamento Econômico Florestal do Estado de São Paulo*. São Paulo, Secretaria da Agricultura, 1975. (Boletim Técnico, 17).

—. *Inventário Florestal do Estado de São Paulo*. São Paulo, Secretaria da Agricultura, 1979. (Boletim Técnico, 30).

KALENSKY, Z. and SCHERK, L.R. Accuracy of Forest Mapping from LANDSAT Computer Compatible Tapes. In: *International Symposium on Remote Sensing of Environment*, 10., Oct., 1975. p.164-165.

KIRVIDA, L. and JOHNSON, G.R. Automatic Interpretation of ERTS Data for Forest Management. In: *Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. New Carrollton, Maryland, Mar., 1973. V.1.

LOPEZ-CUERVO, S. A Study of Agroforestry Natural Resources. In: *Panamerican Symposium on Remote Sensing*. Panama, Apr./May, 1973. Proceedings. p.36-92.

TITUS, S.; GIALDINI, M.; NICHOLS, J. A Total Timber Resources Inventory

Based Upon Manual and Automated Aircraft Data Using Stratified Mu
ltistage Sampling Techniques. In: *International Symposium on Remote
Sensing of Environment*. 10., Michigan, Oct., 1975. p.165